

**Force sensor****Patent number:** DE19653427**Publication date:** 1998-07-02**Inventor:** GILCH MARKUS DIPLO ING (DE); BRANDMEIER THOMAS DR ING (DE); DOEMENS GUENTER DR ING (DE)**Applicant:** SIEMENS AG (DE)**Classification:**

- international: G01L1/14; B60T17/00; B60T17/18

- european: F16D65/14B6B, F16D65/14D6B2, F16D65/14P4D4, F16D66/00, G01L1/14A, G01L5/28D

**Application number:** DE19961053427 19961220**Priority number(s):** DE19961053427 19961220**Also published as:**

EP0849576 (A1)



US5969270 (A1)



JP10339675 (A)

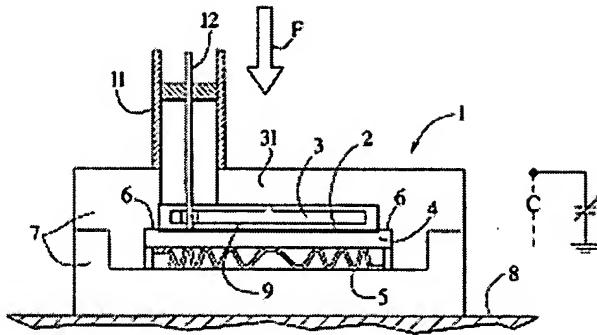


EP0849576 (B1)

Abstract not available for DE19653427

Abstract of correspondent: US5969270

A capacitive force sensor is introduced between an actuator and motor vehicle brake shoe and is composed of a closed, metallic hollow cylinder that accepts a plate capacitor. One or more end faces of the hollow cylinder act as force-absorbing membranes and transmit elastic deformations onto the plate capacitor, a measured signal being generated as a result. The force sensor can be utilized in a range of measurement of up to, for example, 2.5 tons, a temperature range from -40 through 350 DEG C. and also exhibits extremely high measuring precision.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift

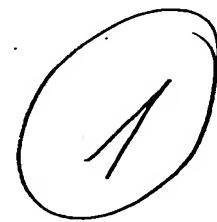
(10) DE 196 53 427 A 1

(5) Int. Cl. 6:

G 01 L 1/14

B 60 T 17/00

B 60 T 17/18



(21) Aktenzeichen: 196 53 427.5  
(22) Anmeldetag: 20. 12. 96  
(23) Offenlegungstag: 2. 7. 98

(71) Anmelder:

Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:

Doemens, Günter, Dr.-Ing., 83607 Holzkirchen, DE;  
Gilch, Markus, Dipl.-Ing., 85419 Mauern, DE;  
Brandmeier, Thomas, Dr.-Ing., 93051 Regensburg,  
DE

(55) Entgegenhaltungen:

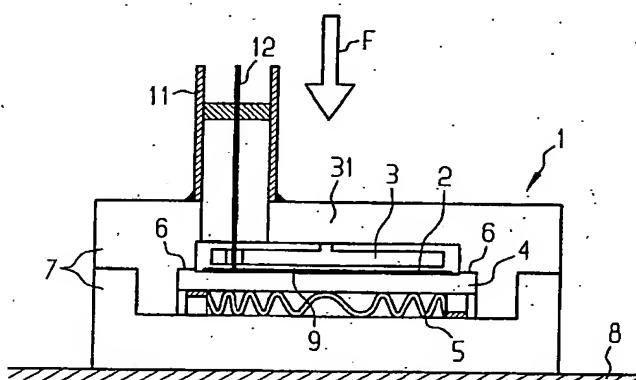
DE-OS 19 09 979  
DD 2 57 49 2B3

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Kraftsensor

(57) Ein kapazitiver Kraftsensor wird zwischen Aktuator und Kraftfahrzeug-Bremsbacke eingesetzt und besteht aus einem geschlossenen metallischen Hohlzylinder der einen Plattenkondensator aufnimmt. Eine oder mehrere Stirnseiten des Hohlzylinders wirken als kraftaufnehmende Membranen und übertragen elastische Deformationen oder Membran auf den Plattenkondensator, wodurch ein Meßsignal erzeugt wird. Der Kraftsensor ist in einem Meßbereich von bis beispielsweise 2,5 Tonnen, einem Temperaturbereich von -40 bis 350°C einsetzbar und weist eine sehr hohe Meßgenauigkeit auf.



DE 196 53 427 A 1

DE 196 53 427 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Kraftsensor zur direkten Kraftmessung im Kraftfluß. Unter direkter Kraftmessung ist die direkte Beaufschlagung des Sensorelementes mit der zu messenden Kraft zu verstehen. Dabei gibt der Kraftsensor die zu messende Kraft meist gegenüberliegend weiter und mißt gleichzeitig.

Die Betätigung von Bremsen, insbesondere im Kraftfahrzeugbereich, erfolgt heute hydraulisch. Aus verschiedenen Gründen wird man in Zukunft auf rein elektrisch betätigtes Bremsen übergehen. Dabei wird der Bremsbacken über einen Elektromotor mit Getriebe betätigt. Dies kann beispielsweise durch die Bewegung einer in einem Elektromotor laufenden Spindel geschehen.

Aus Sicherheitsgründen sowie zur Regelung des Bremsvorganges ist eine ständige Bremskraftmessung erforderlich. Diese sollte möglichst unmittelbar am Bremsbacken erfolgen. In diesem Bereich herrschen jedoch erhebliche Temperaturunterschiede. Der an einem Bremsattel zu berücksichtigende Temperaturbereich geht von ca. -40°C bis ca. 350°C. Der Kraftmeßbereich reicht bis-hinauf zu einigen Tonnen. Zusätzlich soll natürlich eine hohe Genauigkeit gewährleistet sein, beispielsweise eine Meßsicherheit mit weniger als 1% Abweichung. Diese Summe von Anforderungen wird noch ergänzt von sehr schnellen Temperaturwechseln beim normalem Betrieb einer Kraftfahrzeugsbremse. Hinzu kommen außerdem enorme Stoßbelastungen senkrecht zur Kraftfahrzeugachse. Somit sollte der Kraftsensor eine Dauerlastwechselfestigkeit sowie eine absolute Unempfindlichkeit gegenüber Feuchtigkeit aufweisen. Sinnvoll ist ebenfalls eine Unempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischer Strahlung. Erschwerend kommt weiterhin dazu, daß für den Kraftsensor nur ein geringer Platz im Bereich der Kraftfahrzeugsbremsen zur Verfügung steht und daß die Systemkosten möglichst gering sein sollen.

Bisher bekannte Kraftsensoren sind beispielsweise Piezoeffektivatoren oder Dehnmeßstreifen. Dabei stellen die letztgenannten eine indirekte Meßmethode dar, wobei der Sensor nicht im Kraftfluß liegt. Beide genannten Systeme erfüllen die extremen obengenannten Anforderungen nicht annähernd. Andere Systeme sind beispielsweise kapazitive Druck- und Kraftaufnehmer auf Siliziumbasis. Diese genügen jedoch nicht den extremen Betriebsbedingungen, sowie den Kostenanforderungen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Kraftsensor mit einem ausgedehnten Meßbereich bezüglich der zu messenden Kraft und der zu erwartenden Betriebstemperatur bei gleichzeitig hoher Meßgenauigkeit zu liefern.

Die Lösung dieser Aufgabe geschieht durch die jeweiligen Merkmale der Patentansprüche 1 oder 2.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß ein aus einem metallischen Hohlzylinder bestehender kapazitiver Kraftsensor der zwischen Aktuator bzw. Stellantrieb und einem mechanischen Bremsenelement, beispielsweise einem Bremsbacken, im Kraftfluß eingebaut ist, sämtliche gewünschten Anforderungen erfüllt werden. Zumindest eine Stirnseite dieses geschlossenen hohlzylinderförmigen Sensors ist als eine kraftaufnehmende Membran ausgebildet. Die Verwendung eines kapazitiven Sensors beinhaltet die Erzeugung von Meßsignalen aufgrund des veränderbaren Plattenabstandes eines Plattenkondensators. Ein solcher Plattenkondensator ist innerhalb des hohlzylinderförmigen Sensors eingebaut. Die Kopplung zwischen einer kraftaufnehmenden Membran des Sensorgehäuses bzw. einer Stirnseite eines Sensors und dem Plattenkondensator geschieht derart, daß Abstandsänderungen zwischen den Elektroden des Plattenkondensators über deren gesamte Fläche gleich-

mäßig geschehen, so daß die parallel ausgerichteten Elektroden nur parallel gegeneinander verschoben werden und sich in ihrer Geometrie nicht verändern.

Vorteilhafte Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Im folgenden werden anhand von schematischen Figuren Ausführungsbeispiele beschrieben, wobei die einzelnen Elemente in den verschiedenen Figuren einheitlich bezeichnet sind.

Fig. 1 zeigt eine Schnittdarstellung eines Kraftsensors 1 mit einer als kraftaufnehmende Membran 31 ausgebildeten Stirnseite,

Fig. 2 zeigt eine Schnittdarstellung eines Kraftsensors 1 mit zwei mechanisch untereinander verbundenen kraftaufnehmenden Membranen 31, 32,

Fig. 3 zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines Kraftfahrzeugsbremsystems mit im Kraftfluß integriertem Kraftsensor 1.

Ein erfundsgemäßer kapazitiver Kraftsensor 1 wird zwischen Stellantrieb (Aktuator) und Bremsattel 14 eingesetzt. Dieser zweckmäßigerweise flache aus einem geschlossenen metallischen Hohlzylinder bestehende Sensor 1 muß den ungünstigsten Betriebsbedingungen widerstehen. Zur mechanischen Stabilität tragen zunächst die Zylinderwandungen bei. Eine oder beide Stirnseiten dienen als kraftaufnehmende Membran 31, 32, so daß eine elastische Deformation einer oder beider Stirnseiten auf den innerhalb des Sensors 1 befindlichen Plattenkondensator übertragen wird, wodurch ein kraft- bzw. deformationsabhängiges Meßsignal generiert wird.

Die Darstellung des innenliegenden Plattenkondensators geschieht durch eine Metallscheibe 3 (zweite Elektrode) und eine einseitig partiell metallisierte Isolatorscheibe 4, wobei die Metallisierung die erste Elektrode 2 darstellt. Erste Elektrode 2 und zweite Elektrode 3 weisen einen gegenseitigen Elektrodenabstand 9 von ca. 100 µm auf. Das grundlegende in Fig. 1 erkennbare Prinzip besteht darin, daß die kraftaufnehmende Membran 31 ungefähr in ihrem Mittelpunkt mit dem Mittelpunkt der Metallscheibe 3 (zweite Elektrode) verbunden ist. Die erste Elektrode 2 wird der Metallscheibe 3 gegenüberliegend derart an eine im Innenraum des Sensors 1 ausgebildete Auflage 6 gedrückt, daß sich die Metallscheibe 3 und die Isolatorscheibe 4 mit der Metallisierung (erste Elektrode) parallel gegenüberliegen. Diese Konstruktion ermöglicht bei Deformation der kraftaufnehmenden Membran 31 eine gleichmäßige Veränderung des Elektrodenabstandes 9 über die gesamte Fläche des Plattenkondensators. Somit ist ausgeschlossen, daß bei Deformation der kraftaufnehmenden Membran 31 durch eine zentral auf diese wirkende Kraft, beispielsweise die Bremskraft F, sich der Elektrodenabstand 9 in der Mitte des Plattenkondensators mehr verändert als an dessen Rand. Als Resultat ergibt sich eine hohe Meßgenauigkeit mit guter Reproduzierbarkeit der Meßsignale. Andererseits darf die Bremskraft F nicht ganz flächig auf dem Sensor 1 verteilt werden, da sonst keine Deformation an einer Stirnseite erfolgt.

Fig. 1 zeigt insbesondere, daß das Gehäuse des Sensors 1 zur Montage aus Elementen 7 bestehen muß, so daß der geschlossene Hohlzylinder nach dem Einbau der inneren Bestandteile zusammengesetzt werden kann. Gleichzeitig ist ein Anschluß 11 angedeutet, über den eine Signalleitung 12 nach außen geführt werden kann. Der Innenraum des Sensors 1 muß zum Schutz gegen Verschmutzungen hermetisch abgedichtet sein. Die in Fig. 1 gewählte Ausführung setzt voraus, daß das Gehäuse bzw. die Metallscheibe 3 elektrisch an Masse gelegt sind, so daß ein elektrisches Signal aufnehmbar ist. Die Isolatorscheibe 4 ist zweckmäßigerweise aus Quarzglas, so daß eine hohe Temperatur-Beständigkeit

bei geringen thermisch bedingten Ausdehnungen gegeben ist. Mittels der Feder 5, einer ringförmigen Wellenfeder, die umlaufend ausgebildet ist, wird die Isolatorscheibe 4 mit geringem seitlichen Spielraum gegenüber dem Sensorgehäuse an den oder die Anschläge 6 gedrückt. Somit ist die Lage der Isolatorscheibe 4 die mit ihrer metallisierten Seite die erste Elektrode 2 darstellt, ständig definiert. Dabei ist anzumerken, daß die Isolatorscheibe 4 direkt an den Anschlägen 6 aufliegt und in diesen Bereichen keine Metallisierung vorhanden ist, so das kein elektrischer Kontakt zwischen Gehäuse und Metallisierung vorhanden ist. Somit können keine durch beispielsweise Schweiß- oder Lötverbindungen entstehende thermomechanischen Spannungen die Sollage dieser Isolatorscheibe 4 beeinflussen. Dies gilt sowohl bei Vibrationen, als auch bei hohen Temperaturen. Vibrationen durch senkrechte Stoßbeanspruchungen bei Kraftfahrzeugrädern wirken beispielsweise nicht senkrecht zu den Elektrodenflächen des Plattenkondensators bei Bremsanlagen üblicher Bauart.

Der robuste Plattenkondensator der bei Einleitung der Bremskraft F an einer Membran seinen Elektrodenabstand 9 beispielsweise um die Hälfte verringert, funktioniert bei hohen Temperaturschwankungen. Dieses System ist ebenso in Fig. 2 verwirklicht, wobei der Sensor 1 in diese Ausführung zwei kraftaufnehmende Membranen bzw. deformierbare Membranen 31, 32 aufweist. Die beiden Membranen 31, 32 sind über eine Membranverbindung 10 zentral mechanisch miteinander verbunden. Die Isolatorscheibe 4, ebenfalls eine Quarzscheibe, stellt wiederum durch eine einseitig darauf aufgebrachte Metallisierung die erste Elektrode 2 dar. Diese erste Elektrode 2 ist entsprechend Fig. 1 mit einer Feder 5 federunterstützt an Anschlägen 6 in einer Sollage positioniert und hat seitlich an den Außenrändern ein minimales Spiel zum Gehäuse des Sensors 1. Durch entsprechend platzierte Distanzelemente 13 wird eine elastische Deformation der Membran 32 ermöglicht, da diese nicht vollflächig aufliegt. Die die zweite Elektrode darstellende Metallscheibe 3 ist in diesem Fall direkt mit der Membranverbindung 10 verbunden, so daß diese zweite Elektrode sich ebenfalls wie in Fig. 1 bei einer Krafteinleitung mit der Deformation der Membranen 31 bzw. 32 gleichmäßig auf die erste Elektrode 2 zu bewegt. Somit wird hier auch hier eine gleichmäßige Verringerung des Elektrodenabstandes 9 über die gesamte Kondensatorfläche bewirkt.

In Fig. 2 ist auf die Darstellung einer elektrischen Zuleitung verzichtet worden. In beiden Ausführungen, sowohl nach Fig. 1 als auch nach Fig. 2 sollte die Signalweiterleitung an eine Meßelektronik geschehen, die in Bereichen mit deutlich niedrigerer Temperaturbelastung positioniert ist. Die Verbindung wird zweckmäßigerweise durch ein hochtemperaturfestes koaxiales Kabel mit geringer Kapazitätsbelegung verwirklicht. Der Sensor 1 kann beispielsweise einen Durchmesser von 4 cm und eine Höhe von etwa 12 mm aufweisen. Bei einer Bremskraft F von 2,5 Tonnen ändert sich die Meßkapazität beispielsweise von 50 pF auf 100 pF. Wird die Metallscheibe 3 am Membranmittelpunkt bzw. an deren Ansatz an der Membranverbindung entsprechend isoliert, so kann auch ein maschenerfreier Meßkondensator realisiert werden. Andernfalls ist jedoch auch in Fig. 2 eine Signalleitung 12 einzubauen und das äußere Gehäuse des Sensors 1 an Masse zu legen.

Durch die Summe der in den Fig. 1 und 2 dargestellten Merkmale wird ein Kraftsensor 1 geliefert, der einerseits mechanisch stabil ausgebildet ist, deformierbare kraftaufnehmende Membranen 31, 32 aufweist, über die in Verbindung mit einem Plattenkondensator die vom Sensor 1 aufgenommene bzw. weitergeleitete Kraft meßbar ist. Dies geschieht aufgrund der Konstruktion des innenliegenden Plat-

tenkondensators mit hoher Genauigkeit (weniger als 1% Abweichung). Die Anforderungen bezüglich eines hohen Meßbereiches für die zu messende Kraft bzw. für den Bereich der Betriebstemperatur werden erfüllt. Darüber hinaus weist der Sensor 1 eine Stabilität gegenüber mechanischen Schwingungen auf, die beispielsweise beim Betrieb einer Kraftfahrzeugbremse erscheinen. Der Sensor spricht innerhalb von 100 ms an.

Fig. 3 zeigt, einen Sensor 1 in Kombination mit einer Kraftfahrzeugbremsanlage. Dabei ist in üblicher Weise relativ zu einer rotierenden Bremsscheibe 15 ein Bremssattel 16 mit Bremsbelägen positioniert. Um die Bremsbeläge 16 entsprechend an die Bremsscheibe 15 andrücken zu können, muß eine Kraft auf den umgreifenden Bremssattel 14 ausgeübt werden. Dies geschieht in diesem Fall über einen elektrischen Motor 17 der eine Spindel 18 bewegt. Elektrische Zuleitungen für den Motor 17 sind nicht dargestellt. Die damit erzeugte Bremskraft F ist natürlich kombiniert mit einer Stützkraft mit der sich der Motor beispielsweise gegen einen Motor umgreifendes Gehäuse nach hinten bzw. in Gegenrichtung abstützt. Durch Betätigung des Motors 17 wird die Spindel 18 in Richtung auf den Sensor 1 ausgefahren und erzeugt die Bremskraft F. Die Funktion des Kraftsensors 1 geschieht entsprechend der Beschreibungen der Fig. 1 und 2. Die Signalleitung 12 führt Signale aus dieser hochtemperaturbelasteten Zone zuverlässig nach außen, wobei der Kraftsensor 1 insgesamt abgeschlossen sein sollte, um Eindringen von Verschmutzungen zu vermeiden.

30

## Bezugszeichenliste

- 1 Sensor
- 2 Erste Elektrode
- 3 Metallscheibe (zweite Elektrode)
- 31, 32 Membran
- 4 Isolatorscheibe
- 5 Feder
- 6 Auflage, Anschlag
- 7 Element des Hohlzylinders
- 8 Bremsbacke
- 9 Elektrodenabstand
- 10 Membranverbindung
- 11 Anschluß
- 12 Signalleitung
- 13 Distanzelement
- 14 Bremssattel
- 15 Bremsscheibe
- 16 Bremsbelag
- 17 Motor
- 18 Spindel
- F Bremskraft

## Patentansprüche

1. Kraftsensor zur direkten Kraftmessung im Kraftfluß bestehend aus:

- einem geschlossenen Hohlzylinder, dessen eine Stirnseite eine elastisch deformierbare Membran (31) darstellt, auf die die Kraft eingeleitet wird,
- einem innenliegenden Plattenkondensator, der bei äußerer Krafteinwirkung auf die Membran (31) seinen Plattenabstand (9) verändert,
- einer einseitig partiell metallisierten Isolatorscheibe (4) zur Darstellung einer ersten Elektrode (2) des Plattenkondensators, die federunterstützt mit der metallisierten Seite in Richtung auf die Membran (31) an eine Auflage (6) im Hohlzylinderinnenraum angedrückt und parallel zu der

Membran (31) ausgerichtet ist, wobei die Isolatorscheibe (4) direkt auf der Auflage (6) aufliegt,  
 – einer die zweite Elektrode des Plattenkondensators darstellende und der Metallisierung auf der Isolatorscheibe (4) gegenüberliegende Metallscheibe (3), wobei die Membran (31) und die Metallscheibe (3) im Zentrum miteinander verbunden sind, die Metallscheibe (3) parallel zur Isolatorscheibe (4) ausgerichtet ist und bei Bewegungen der Membran (31) der Elektrodenabstand (9) gleichmäßig über die gesamten Elektrodenfläche veränderbar ist.

2. Kraftsensor zur direkten Kraftmessung im Kraftfluß bestehend aus:

- einem geschlossenen Hohlzylinder dessen beide Stirnseiten elastisch deformierbare Membranen (31, 32) darstellen, die im Hohlzylinderinnenraum mittig durch eine Membranverbindung (10) mechanisch miteinander verbunden sind,
- einem innenliegenden Plattenkondensator der bei äußerer Krafteinwirkung auf die Membranen (31, 32) seinen Plattenabstand (9) verändert,
- einer einseitig partiell metallisierten Isolatorscheibe (4) zur Darstellung einer ersten Elektrode (2) des Plattenkondensators, die federunterstützt mit der metallisierten Seite in Richtung auf eine der Membranen (31, 32) an eine Auflage (6) im Hohlzylinderinnenraum angedrückt und parallel zu einer Membranen (31, 32) ausgerichtet ist, wobei die Isolatorscheibe (4) direkt auf der Auflage (6) aufliegt und eine zentrale Öffnung aufweist, durch die die mechanische Membranverbindung (10) hindurchgeführt ist,
- einer die zweite Elektrode des Plattenkondensators darstellende und der Metallisierung auf der Isolatorscheibe (4) gegenüberliegende Metallscheibe (3), wobei eine der Membranen (31, 32) und die Metallscheibe (3) im Zentrum miteinander verbunden sind; die Metallscheibe (3) parallel zur Isolatorscheibe (4) ausgerichtet und bei Bewegungen der mechanischen Membranverbindung (10) gleichzeitig mit den Membranen (31, 32) der Elektrodenabstand (9) gleichmäßig über die gesamte Elektrodenfläche veränderbar ist,
- Distanzelementen (13), die außen an einer Stirnseite des Kraftsensors angebracht sind, so daß die Membranen (31, 32) frei bewegbar sind.

3. Kraftsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Isolatorscheibe (4) eine Quarzscheibe ist.

4. Kraftsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin der Elektrodenabstand (9) ca. 100 µm beträgt.

5. Kraftsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Signalableitung mittels eines koaxialen Kabels mit geringer Kapazitätsbelegung geschieht.

6. Kraftsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Metallscheibe (3) gegenüber der Membran (31) bzw. gegenüber der Membranverbindung (10) elektrisch isoliert ist und einen separaten koaxialen Anschluß aufweist, wodurch ein massefreier Kondensator vorliegt.

7. Verwendung eines Kraftsensors nach einem der vorhergehenden Ansprüche im Kraftfluß an einem Brems-

sattel (14) für ein Fahrzeug.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

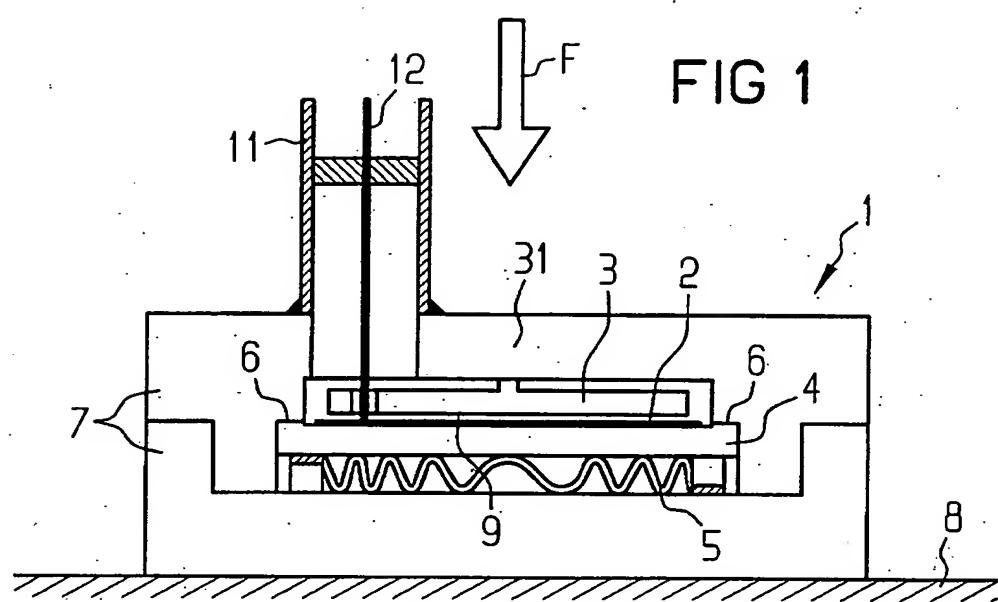
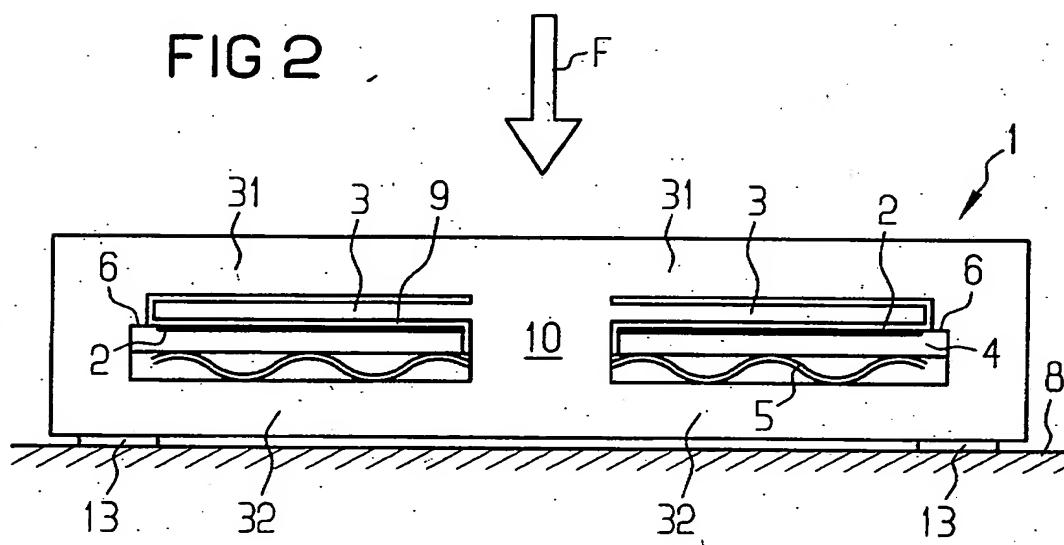
**FIG 2**

FIG 3

